

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001013333
PUBLICATION DATE : 19-01-01

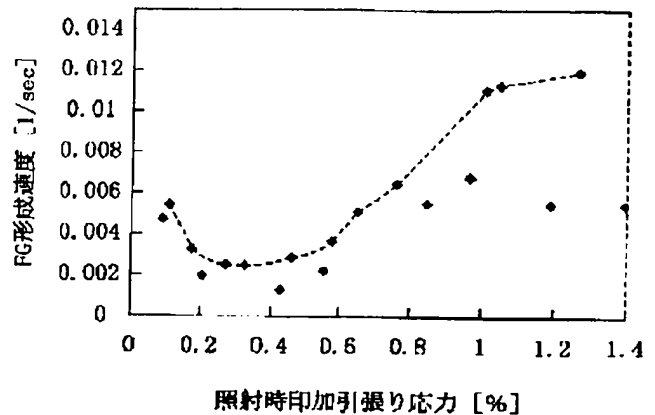
APPLICATION DATE : 29-06-99
APPLICATION NUMBER : 11183612

APPLICANT : MITSUBISHI CABLE IND LTD;

INVENTOR : IMAMURA KAZUO;

INT.CL. : G02B 6/10 G02B 5/18

TITLE : PRODUCTION OF FIBER GRATING
AND COMPONENT FOR OPTICAL
COMMUNICATION



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of producing a fiber grating to write a grating while the photosensitivity of the glass is enhanced.

SOLUTION: First, a fiber equipped with the core in which the grating is to be written and with a clad surrounding the core is coated with a coating layer formed from a UV-transmitting resin. Then, the core is irradiated with UV rays through the outside of the coating layer to write the grating. In this process, the core is irradiated with UV rays in a state in which $\geq +0.8\%$ and $\leq +6\%$ distortion is produced in the axial direction. Thereby, the forming rate of the fiber grating (FG) is increased, and after the tension is released, the reflectance of the grating is increased.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-13333

(P2001-13333A)

(13)公開日 平成13年1月19日(2001.1.19)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームド(参考)

G 0 2 B 6/10

G 0 2 B 6/10

C 2 H 0 4 9

5/18

5/18

2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-183612

(22)出願日 平成11年6月29日(1999.6.29)

(71)出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72)発明者 源地 武士

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線

工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 中 典生

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線

工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外1名)

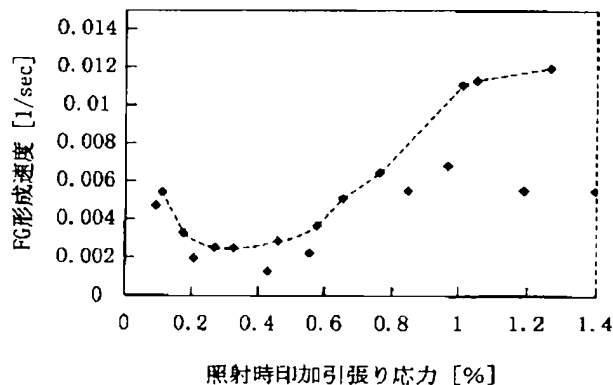
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ファイバグレーティングの製造方法および光通信用コンポーネント

(57)【要約】

【課題】 ガラスのフォトセンシティビティを高めた状態でグレーティング書き込みを行うファイバグレーティング製造方法を提供する。

【解決手段】 まず、グレーティングが書き込まれるべきコアと、コアを囲むクラッドとを備えたファイバの外周面を紫外線透過型樹脂から形成した被覆層で覆う。次に、紫外線を被覆層の外側からコアに対して照射することによってコアにグレーティングを書き込む際に、コアを軸方向に $\pm 0.8\%$ 以上 $\pm 6\%$ 以下の歪みが生じている状態にし、その状態でコアに紫外線を照射する。こうすることによって、ファイバグレーティング(FG)形成速度が向上し、また、張り開放後にグレーティングの反射率が上昇する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 グレーティングが書き込まれるべきコアと前記コアを囲むクラッドとを備えたファイバの外周面を紫外線透過型樹脂から形成した被覆層で覆う工程と、紫外線を前記被覆層の外側から前記コアに対して照射することによって前記コアにグレーティングを書き込む工程とを包含するファイバグレーティング製造方法であって、

前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において、前記コアを軸方向に $\pm 0.8\%$ 以上 $\pm 6\%$ 以下の歪みが生じている状態にして、その状態で前記コアに前記紫外線を照射することを特徴とするファイバグレーティング製造方法

【請求項2】 前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において、前記コアに対して軸方向張力を与えながら前記グレーティングの書き込みを実行することを特徴とする請求項1に記載のファイバグレーティング製造方法

【請求項3】 前記グレーティングの書き込みを実行した後、前記軸方向張力を開放することを特徴とする請求項2に記載のファイバグレーティング製造方法

【請求項4】 請求項1から3の何れかひとつに記載のファイバグレーティング製造方法によって製造されたファイバグレーティングと、

前記ファイバグレーティングを支持する手段とを備えた光通信用コンポーネント

【請求項5】 前記ファイバグレーティングを支持する手段は、前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において前記コアに与えられた軸方向歪みよりも小さな歪みが生じるようにして前記ファイバグレーティングを支持することを特徴とする請求項4に記載の光通信用コンポーネント

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、周期的な屈折率差を示す回折格了（グレーティング）を光ファイバのコア内に書き込んだファイバグレーティングの製造方法、および当該ファイバグレーティングを備えた光通信用コンポーネントに関する。

【0002】

【従来の技術】ファイバグレーティングは、2光束干渉法もしくは位相マスク法等によって光ファイバのコアに周期的な屈折率変調構造を形成することによって作製される（特開平6-235808号公報、特開平7-140311号公報、特許第2521708号参照）。このようなファイバグレーティングでは、ゲルマニウム（Ge）をドーパした石英ガラス（コア）に対し、コヒーレントな紫外レーザー光を照射することによって該当箇所に光誘起屈折率変化を生ぜしめ、それによってグレーティング構造の生成（書き込み）を行っている。この屈折

率変化の周期や変調形状を変化させることによって、フィルタ、分波器、分散補償器、ファイバレーザミラー、FDD利得等価器、共振器、および温度センサ等への応用が考えられている。これらの各種用途に用いられるファイバグレーティングには、所定の伝送特性が必要機能として求められるは当然のこととして、いずれの用途に用いる場合であっても所定の機械的強度特性を有していることが実用に供する上で重要になる。

【0003】しかし、伝送特性を満足させようとする機械的強度特性が犠牲になり、それを補完する処理が必要になる一方、機械的強度特性を満足させようとする伝送特性が犠牲になるというように、伝送特性と機械的強度特性とを両立させるのは困難な状況にある。この理由を以下に説明する。

【0004】グレーティングの書き込み対象である光ファイバは、一般に、コアとクラッドとからなる光ファイバ素線の外周面に紫外線を吸収して硬化反応を生じる紫外線硬化型樹脂等による被覆層が被覆されたものであり、紫外線照射によってグレーティングを書き込むには、上記の2光束干渉法もしくは位相マスク法等にしても通常は書き込み対象部位の被覆層を除去した状態で行われるため、機械的強度特性は低下する傾向にある。このため、グレーティングの書き込み終了後にその被覆層除去部分に対し再被覆が行われることになるが、再被覆を行うにはリコートもしくはバックコーティング等の再被覆のための処理技術が必要になる。上記被覆層を除去すると、光ファイバ素線の外表面（クラッドの外表面）が外気と接触することになり、書き込み作業期間における空気との接触により光ファイバ素線に劣化が進行して伝送特性の悪化を招くおそれがある。その上に、上記書き込み対象部位の被覆層の除去は光ファイバ素線に対する損傷防止のために機械的手段ではなく例えば薬品により溶解させるという化学的処理によって行われ、この被覆層の除去工程に手間がかかるためグレーティング書き込みを大量処理する上で効率を阻害する要因となっている。

【0005】一方、上記の如く被覆層の形成後にグレーティングの書き込みを行うために被覆層を除去するのではなく、被覆層を形成する前にいわゆるインラインにてシングルパルスによるグレーティングの書き込みを行うことも試みられているが、この場合には、上記の如き強度劣化は生じないとの知見が示されているものの（V. Hagmann et al., Mechanical resistance of draw-tower-Bragg-gratings sensors, Electron. Lett., 34, pp 211~212, 1998参照）、紫外線照射による屈折率増加の度合いが低く、それに対応して、書き込まれたグレーティングの反射率は低いものになってしまう。

【0006】また、被覆層の形成後であっても、その被覆層を除去しないで被覆層の外側から紫外線を照射することによりグレーティングの書き込みを有効に行うには、書き込み対象の光ファイバのコア部分の光誘起屈折

率変化に対する感度(フォトセンシビリティ)を高めることが考えられる。このフォトセンシビリティを高める、すなわち、比較的大きな光誘起屈折率変化を生じさせる手法として、書き込み対象のコアとして、通常濃度(コアクラッドの比屈折率差が例えば0.9%になる程度の濃度)よりも高濃度(比屈折率差が例えば1.5~2.0%になる程度の濃度)のGeをドーパしたコアを用いるか、もしくは、通常濃度のGeをドーパした後に高圧下で水素を充填したコアを用いることが提案されている(電子情報通信学会論文誌Vol. J79-C-1, No. 1, 415頁, 1996年11月参照)。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、高濃度のGeをドーパしたコアを用いてファイバグレーティングを製作した場合、このファイバグレーティングに接続(融着)される通常仕様の光ファイバが通常濃度でGeドーパがなされたコアを持つものであるため、両コア間の整合がとれず、Geドーパの濃度の差に起因して接続損失が増大してしまうという不都合が生じる。

【0008】一方、高圧水素充填を施したコアを用いてファイバグレーティングを製作した場合、ガラス部分と被覆層との間に気泡が発生し、ガラス部分に対する被覆層の密着度が低下するという不都合が生じるおそれがある。被覆層の密着度が悪いと、光ファイバ心線の機械的強度が低下し、失用に耐えないものになってしまう。

【0009】このため、できる限りGe濃度を低下させたり、または高圧水素充填を緩和若しくは割愛することを可能ならしめるようなグレーティング書き込み方法の開発が求められている。

【0010】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ガラスのフォトセンシビリティを高めた状態でグレーティング書き込みを行うファイバグレーティング製造方法を提供することにある。また、このようにして作成したファイバグレーティングの性能をより有効に活用する光通信用コンポーネントを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によるファイバグレーティング製造方法は、グレーティングが書き込まれるべきコアと前記コアを囲むクラッドとを備えたファイバの外周面を紫外線透過型樹脂から形成した被覆層で覆う工程と、紫外線を前記被覆層の外側から前記コアに対して照射することによって前記コアにグレーティングを書き込む工程とを包含するファイバグレーティング製造方法であって、前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において、前記コアを軸方向に+0.8%以上、6%以下の歪みが生じている状態にして、その状態で前記コアに前記紫外線を照射することを特徴とする。

【0012】前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において、前記コアに対して軸方向張力を与えなが

ら前記グレーティングの書き込みを実行することが好ましい。

【0013】前記グレーティングの書き込みを実行した後、前記軸方向張力を開放することが好ましい。

【0014】本発明による光通信用コンポーネントは、上記何れかのファイバグレーティング製造方法によって製造されたファイバグレーティングと、前記ファイバグレーティングを支持する手段とを備えていることを特徴とする。

【0015】前記ファイバグレーティングを支持する手段は、前記グレーティングを前記コアに書き込む工程において前記コアに与えられた軸方向歪みよりも小さな歪みが生じるようにして前記ファイバグレーティングを支持することが好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0017】まず、図1を参照する。図1には、グレーティング書き込みの対象である所定長の光ファイバ心線1が示されている。この光ファイバ心線1は、グレーティング21が書き込まれるコア2と、コア2の周りに形成されたクラッド3と、クラッド3の外表面を被覆する被覆層4とから構成されている。上記光ファイバ心線1は、図2にも示すように光ファイバ母材から線引きにより製造されたコア2及びクラッド3からなる光ファイバ素線1'に対し被覆層4がコーティングされたものである。そして、その被覆層4の外側から紫外線としての紫外レーザー光が位相マスク5を介して照射されることにより、光ファイバ心線1のコア2に対しファイバ軸方向に周期的な屈折率変調(グレーティング)が書き込まれてファイバグレーティングが作製されるようになっている。この多数の屈折率変調の間隔がグレーティングピッチである。このように被覆層4の外側から紫外レーザー光を照射することによりグレーティングの書き込みを有効に行うために、以下に説明するようにコア2及び被覆層4として特別な構成を採用するのが好ましい。

【0018】コア2には、通常仕様の光ファイバのコアに含まれているGeと同程度の濃度を有するGeがドーパされている。ここで、通常仕様の光ファイバとは、前記光ファイバ心線1に接続される光ファイバ心線のことである。このような光ファイバ心線のコアには、通常、比屈折率差が0.9%程度なる量のGeがドーパされている。

【0019】図示されている光ファイバ心線1のコア2には、光誘起屈折率変化を定常的に高めるためには、Geに加えて、Sn、Si及びAl、または、Sn、Al及びBのドーパントをコア2にドーパしておくことが好ましい。例えば、上記の通常仕様の光ファイバのコアと同量(比屈折率差が0.9%となる程度の量)のGeに加え、濃度10000ppm以上、好ましくは濃度10

000~15000ppmのSn、或いは、このような濃度のSn及び濃度1000ppm以下のAl等を共ドーピングすればよい。このようなドーピングは、種々の公知方法によって行えばよく、例えば液浸により行う場合には、上記Snの化合物（Snの場合、例えば $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）をメチルアルコールと混合し、その溶液の中に浸漬すればよい。

【0020】被覆層4は、コア2及びクラッド3からなる光ファイバ素線1'の線引き工程に引き続いてシングルコート法によって、少なくとも30 μm 程度の膜厚になるように形成されたものである。本実施形態では、被覆層4の材料として、ある波長帯域の紫外線（第1の紫外線）で硬化する特性と、他の波長帯域の紫外線（第2の紫外線）を透過する特性の両方を備えた樹脂を用いる。このような樹脂を本願明細書では「紫外線透過型紫外線硬化樹脂」と称することがある。

【0021】この紫外線透過型紫外線硬化樹脂は、グレーティング21の書き込みのためにコアに照射する特定波長帯（例えば240nm~270nmの波長帯）の紫外線を少なくとも透過させる（好ましくは、この紫外線を殆ど吸収せずに透過させる）一方で、上記特定波長帯よりも短い波長または長い波長の紫外線を吸収して硬化反応を生じさせる。つまり、同じ樹脂ではあるが、波長によって紫外線吸収特性が異なり、特定波長帯では紫外線透過型である一方、上記特定波長帯よりも短い波長域または長い波長域では紫外線硬化型であるような樹脂を用いて被覆層4を形成することになる。

【0022】本実施形態では、ウレタン系アクリレートもしくはエポキシ系アクリレートに対し、例えば240nmよりも短い波長域または270nmよりも長い波長域の紫外線を受けて硬化反応を開始・促進させるような光開始剤（フォトリソレータ）を配合した樹脂を「紫外線透過型紫外線硬化樹脂」として用いる。

【0023】このような樹脂の層で光ファイバの外周面を被覆した後、まず、その被覆層に対して第1の紫外線を照射し、被覆層4を硬化する。

【0024】なお、本実施形態では、紫外線硬化型樹脂を用いているが、他の種類の樹脂を用いる場合は、この第1の紫外線照射工程を省略し、他の樹脂硬化工程（例えば熱による硬化工程）を実行することになる。

【0025】硬化した被覆層4によって被覆された状態の光ファイバ素線1'に対して第2の紫外線を照射する前に、コア2に対して水素充填を行うことが光誘起屈折率変化を高める上で好ましい。従って、本実施形態では、この高圧水素充填を行う。具体的には、光ファイバ素線1'を水素が充填された密閉容器内に入れ、室温状態では20MPaの圧力下で約2週間放置すればよい。

【0026】前述の高圧水素充填を行ってから、今度は、光ファイバ素線1'の外側、つまり、被覆層4の外側から第2の紫外線を照射することによりコア2に対しグ

レーティング21の書き込みを行う。

【0027】グレーティング21の書き込みは、周知の種々の方法を採用して行えばよい。例えば位相マスク法によって行う場合には、図3に作製装置の例を示すように上記光ファイバ素線1'の側方直前に格子状の位相マスク5を配設し、この位相マスク5に対しNd-YAGレーザ源6から例えばその4倍波長（166）である266nmのコヒーレント紫外レーザ光をシリンドリカルレンズ系7により集光した状態で照射すればよい。これにより、上記紫外レーザ光が位相マスク5及び被覆層4を透過し、コア2に対し位相マスク5の格子ピッチに対応したグレーティングピッチの部分の屈折率が増大されてブラッググレーティング21が書き込まれることになる。なお、図3中、参照符号「8」は紫外レーザ光を拡大して平行ビーム化するビームエキスパンダー、参照符号「9」は上記の平行ビーム化された紫外レーザ光のパワーが均一の部分を取り出す微小幅のスリット、参照符号「10」は上記光ファイバ素線1'の長手方向（一点鎖線の矢印参照）に移動可能とされた可動式反射ミラー、参照符号「11」は光スペクトルアナライザ、参照符号「12」は光アイソレータ、参照符号「13」は光カメラである。

【0028】本発明によるグレーティング書き込みの際、図3に示す張力印加機構30を用いて、書き込み対象の光ファイバ素線1'に対して長軸方向に張力を与える。このような張力印加の具体的方法および効果については、のちに図面を参照しながら詳細に説明する。

【0029】グレーティング書き込みに使用できる紫外線光源としては、例えば、最大平均パワーが100mW、パルス幅が50ns、パルス周波数が10HzのNd-YAGレーザ源6（図3参照）を用いることができる。このNd-YAGレーザの4倍波長である266nmの紫外レーザ光を光ファイバ素線1'に対し被覆層4上で照射エネルギー密度が例えば1.5kJ/cm²となるように照射する。この場合、位相マスク5上に入射される平均パワーは例えば10mW、外径200 μm の光ファイバ素線1'に照射される紫外線光の寸法は約2mm（ファイバ軸方向）×約0.2mm（ファイバ径方向）となる。

【0030】上記位相マスク5としては格子ピッチが例えば1065nm、長さが25mmのものを用いることができる。そして、可動式ミラー10を滑らかに連続して上記ファイバ軸方向（長手方向）に移動させれば、軸方向に長さ24mmのブラッググレーティング21を書き込むことができる。

【0031】図4は、グレーティング書き込み時の印加張力とグレーティング作製時間との関係を示している。また、図5は、グレーティング書き込み時の印加張力とグレーティング形成速度との関係を示している。なお、ここでは、印加張力を軸方向歪み(%)で表現してい

る。

【0032】図1および図5からわかるように、ファイバグレーティング形成速度は、張力0.8%以上になると、張力無印加の場合に比較して急激に増大し、グレーティング形成時間が短縮される。張力が1.0%以上になると、ファイバグレーティング形成速度は、張力0.2%以下の場合に比較して2~6倍に増加する。ただし、張力が1.0%を超えても、ファイバグレーティング形成速度はほぼ飽和している。

【0033】以上のことから、印加張力は0.8%以上であることが好ましく、1.0%以上であることが更に好ましい。印加張力の好ましい上限は6%である。張力が6%を超えると、ファイバが機械的に破断するおそれがあるからである。

【0034】このように張力印加によってファイバグレーティング形成速度が向上する理由は、張力の印加によって紫外線感度が増加したためと考えられるが、その詳細なメカニズムは解明できていない。

【0035】なお、紫外線照射前にファイバ素線の被覆を剥がす方法によれば、ファイバの機械的強度が低下するため、1.0%以上の張力を印加することは事実上無理である。このため、紫外線透過型樹脂を用いて被覆層を形成した後、その被覆層を透過するようにして紫外線をコアに照射する方法を用いない限り、張力印加による紫外線感度増加の効果を発揮させることは困難である。

【0036】以上、ファイバグレーティング形成速度の増加に対する張力印加効果を説明してきたが、次に、反射率増加効果を説明する。

【0037】図6は、横軸に被照射ファイバへ印加した張力、横軸に作製時の最終到達反射率および作製後に同ファイバの張力を開放したときの反射率を示している。印加張力は、伸び率約1%から3%の範囲内で4段階に設定した。全ての張力について、張力開放後の反射率が作製時の最終到達反射率を上回っている。この実験に用いたファイバはSnDofファイバであり、3.8気圧（約0.38MPa）の水素雰囲気中で2週間水素処理を受けたものである。

【0038】図7は、横軸に印加張力、縦軸に張力開放による反射率の上昇分(%)を示している。作製時の印加張力が大きいほど、張力開放後の反射率増加が大きいことがわかる。紫外線透過型樹脂を用いた被覆層照射によれば、ファイバグレーティング作製時に最大6%程度の張力をファイバに印加することができるため、張力開放後に反射率を大きく上昇させることが可能になる。このことは、上述した感度向上と相まって、性能の高いグレーティングを、より短時間で効率的に作製することを可能にする。

【0039】ファイバグレーティングの反射率増加の効果を光通信用コンポーネントにおいて発揮させるには、コンポーネント内でファイバグレーティングを支持する

部材がファイバに対して大きな張力を与えないようにする必要がある。この張力印加機構（光ファイバ心線1に対しファイバ軸方向の張力を印加する張力印加機構30の例を以下に説明する。この張力印加機構30は、その詳細を図8に示すように、光ファイバ心線1の紫外線照射領域を囲むようにして配設されたフレーム31と、このフレーム31から上記光ファイバ心線1のファイバ軸方向両側にそれぞれ突出された一対のアーム部材32、33と、各アーム部材32、33の先端に支持された一対の固定手段としての巻胴34、35と、ファイバ軸方向一側（図8の右側）の巻胴35を回転駆動するモータ36（図9参照）とを備えたものである。

【0040】上記フレーム31は、少なくとも光ファイバ心線1の側方部分（図8の上方部分）に紫外線レーザー光が通過し得る開口部311を有し、上記一対のアーム部材32、33を保持し得るものであればその形状等についての制約はない。上記各アーム部材32、33は、U字状に形成され、一端が上記フレーム31に固定される一方、他端に上記巻胴34、35が連結されている。上記各巻胴34、35は巻胴本体を構成するマンドレル341、351と、それぞれの両側に配設された一対の鋸部342、352とから構成されている。ファイバ軸方向一側（図8の右側）の巻胴35がアーム部材33に対しファイバ軸方向に直交する方向に配置された軸Yの回りに回転可能に連結される一方、ファイバ軸方向他側（図8の左側）の巻胴34がアーム部材32に対し相対回転しないように固定されている。また、上記モータ36はハルスモータにより構成され、その出力軸が上記マンドレル351に対し直結もしくは連結部材を介して接続されている。上記モータ36は図示省略のコントローラからの制御信号を受けて設定回転量だけ上記マンドレル351を強制回転させるようになっている。

【0041】次に、上記ファイバグレーティング作製装置を用いてファイバグレーティングを作製する方法について説明する。

【0042】ファイバグレーティングを作製するには、張力印加工程と、照射工程と、張力解放工程と、スクリーニング工程とを順に行う。すなわち、張力印加工程として、まず、グレーティング21の書き込み予定領域を挟んだ両側位置の光ファイバ心線1を巻胴34、35のマンドレル341、351の外周面に対し互いに重ならないように二重もしくは三重（図9参照）に巻き付けて光ファイバ心線1を一直線状に延ばした状態にセットする。これにより、上記各巻胴34、35のマンドレル341、351の外周面と光ファイバ心線1の外表面との間の摩擦抵抗によって光ファイバ心線1が上記各マンドレル341、351の外周面に対しファイバ軸方向に相対移動しないように固定する。次に、モータ36を作動させてマンドレル351を設定回転量だけ強制回転させ、この状態を保持させる。これにより、一対のマンド

レル311、351の間の光ファイバ心線1は上記マンドレル351の強制回転量に対応する周長だけファイバ軸方向に強制的に延ばされて、つまり、張力が印加されてコア2に引張側の弾性歪み(伸び歪み)が生じた状態となり、この状態で次の照射工程が行われる。

【0043】上記照射工程として、まず、上記位相マスク5が上記光ファイバ心線1のグレーティング21の書き込み予定領域に対しセットされ、この位相マスク5のファイバ軸方向の一端側から他端側までの範囲にわたり紫外線照射系からの紫外レーザー光が上記位相マスク5を介して光ファイバ心線1に対し照射される。上記のファイバ軸方向範囲における紫外レーザー光の照射位置の変更は反射ミラー10のファイバ軸方向に対する移動により行われる。そして、この紫外レーザー光の照射により上記の伸び歪みが生じた状態のコア2に対し上記位相格子5の格子ピッチに対応したグレーティングピッチのグレーティング21が書き込まれることになる。

【0044】この照射工程によりグレーティング21の書き込みが行われた後、張力解放工程が行われ、この張力解放工程において、上記モータ36が上記の設定回転量だけ逆回転作動されて光ファイバ心線1が張力印加前の元の状態に還元されて無負荷状態になる。これにより、上記のコア2に生じていた伸び歪みが元の状態に還元、つまり収縮され、この収縮に伴い上記の書き込まれたグレーティング21のグレーティングピッチが狭められることになる。このため、グレーティング21の波長特性が上記のグレーティングピッチの狭くなった分だけ短波長側にシフトされる。また、前述のように、張力開放前に比較してグレーティングの反射率も向上する。

【0045】以上でファイバグレーティングの作製自体は終了するが、本実施形態では、引き続いてスクリーニング工程が行われる。すなわち、このスクリーニング工程においては、張力印加機構30のモータ36を作動させることによりファイバグレーティングに対しファイバ軸方向に一定の伸び歪みを所定時間与え、機械強度特性についてのスクリーニング試験を実施する。そして、欠陥のあるファイバグレーティングを製品から排除し、欠陥のないファイバグレーティングを製品とするようにする。

【0046】スクリーニング試験を合格したファイバグレーティングは、ファイバグレーティングを支持する部材や他の部品と組み合わされて、光通信用コンポーネントを構成することになる。

【0047】なお、張力開放によって生じる波長シフトの制御は、印加張力と短波長側への波長特性のシフト量との関係を予め試験により求めておき、この関係に基づいてシフト制御する波長のシフト量に対応した印加張力を設定し、この印加張力が光ファイバ心線1に発生するようにモータ36の設定回転数を定めればよい。

【0048】以上のファイバグレーティング作製方法に

おいて、被覆層1の上からの紫外レーザー光の照射によるグレーティング21の書き込みをより確実なものとするために、紫外レーザー光の照射を以下のようにしてもよい。

【0049】すなわち、上記紫外レーザー光の照射を、その照射エネルギー密度が1、5kJ/cm²程度になるように行う。これにより、被覆層1の外側から紫外レーザー光の照射を行う場合に、その被覆層4が1μm以上というかなり厚内の膜厚を有していても、その被覆層1を透過してコア2に対し高屈折率変調を生じさせて高反射率のブラッググレーティング21を書き込みし得るようになる。

【0050】加えて、図10に示すように書き込み対象の光ファイバ心線1をシリンドリカルレンズ系7により集光される紫外レーザー光のビームパターンBPに対し特定の位置に位置付け、この状態で紫外レーザー光の照射を行うようにする。上記ビームパターンBPはシリンドリカルレンズ系7に入射した平行ビームが焦点Fに向かうように集光されたものであり、このビームパターンBPに対し上記光ファイバ心線1の全体が上記ビームパターンBPの内部に位置し、かつ、その光ファイバ心線1の被覆層1の外周面が上記ビームパターンBPの外縁に内接するように上記光ファイバ心線1を位置付ける。なお、このような位置関係を満足すれば、上記光ファイバ心線1の配設位置は図10に実線で示すように焦点Fの前側であると、同図に一点鎖線で示すように焦点Fの後側であるとを問わない。一例を示すと、焦点距離L1が100mmの場合に、外径200μmの光ファイバ心線1を焦点Fからほぼ2mmの距離L2だけ離れた光軸上に配設すればよい。光ファイバ心線1の全体を上記ビームパターンBPの内部に位置付けることにより、上記の被覆層4の全体に対し均一な照射エネルギー密度で紫外レーザー光を照射することができるようになる。その上に、上記光ファイバ心線1を焦点F側に対しより近づけた位置に配設した場合に生じ易い被覆層1の局部的なダメージ(強度劣化)発生等を防止し、かつ、このような強度劣化の発生を防止し得る範囲で最も照射エネルギー密度が高くなる位置において上記光ファイバ心線1に対する照射を行うことができ、グレーティングの書き込みに要する時間の短縮化を図ることができる。

他の実施形態はなお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形態を包含するものである。すなわち、上記実施形態では、張力印加機構における張力の印加を一方の巻胴35をアーム部材33に対し回転可能に支持し、その巻胴35をモータ36により強制回転させることにより行っているが、これに限らず、両巻胴34、35をアーム部材32、33に対し共に回転しないように固定し、一方のアーム部材33の一端部331を図8に一点鎖線により示すようにフレーム31に対しファイバ軸方向に移動可能に案内・支持さ

せ、このアーム部材33を例えばラック及びピニオン等の伝達機構とモータの組み合わせ、又は、流体圧シリンダ等のアクチュエータによって図8の右側に強制移動させるように装置を構成することにより光ファイバ心線1に対し張力を印加させるようにしてもよい。

【0051】本発明のファイバグレーティングの作製方法は、無周期グレーティングおよび長周期グレーティングのいずれの作製にも好適に適用される。短周期グレーティングは約1 μm 以下のピッチを有し、長周期グレーティングは数百 μm 程度のピッチを有するグレーティングである。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、グレーティング書き込みに際して、コアを軸方向に歪ませることによって、紫外線に対するフォトセンシティが高まるために、紫外線照射による屈折率変化の速度が早まる。このため、書き込み作業の要する時間を短縮できる。

【0053】書き込み時にコアに印加していた張力を開放すると、屈折率増加が促進されるため、上記の印加張力よりも小さい張力を与えた状態でファイバグレーティングを使用すれば、グレーティング作製時の反射率よりも高い反射率を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態におけるファイバグレーティングの作製原理を示す図である。

【図2】光ファイバ心線の拡大横断面図である。

【図3】作製装置を示す模式図である。

【図4】グレーティング書き込み時の印加張力とグレーティング作製時間との関係を示すグラフである。

【図5】グレーティング書き込み時の印加張力とグレーティング形成速度との関係を示すグラフである。

【図6】被照射ファイバへ印加した張力と、作製時の最終到達反射率および作製後に同ファイバの張力を開放したときの反射率との関係を示すグラフである。

【図7】印加張力と張力開放による反射率の上昇分(%)との関係を示すグラフである。

【図8】図3の張力印加機構の拡大説明図である。

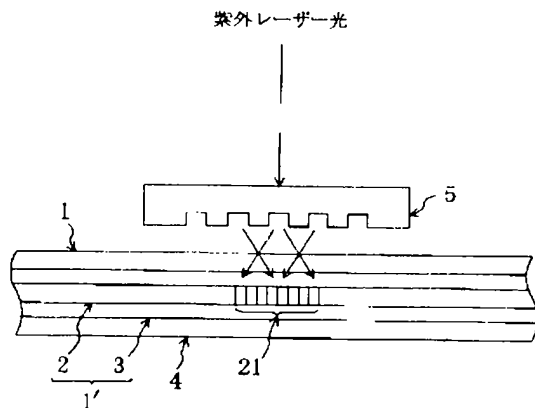
【図9】図8のA-A線における拡大断面図である。

【図10】光ファイバ心線とシリンドリカルレンズ系との位置関係を示す図である。

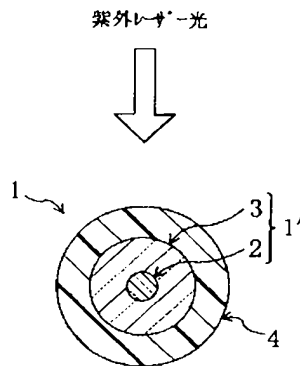
【符号の説明】

- | | |
|------|-------------------------|
| 1 | 光ファイバ心線（被覆が施された光ファイバ） |
| 1' | 光ファイバ素線 |
| 2 | コア |
| 3 | クラッド |
| 4 | 被覆層（紫外線透過型樹脂の被覆層） |
| 7 | シリンドリカルレンズ系（シリンドリカルレンズ） |
| 21 | ブラッググレーティング（グレーティング） |
| F | 焦点（シリンドリカルレンズの焦点） |
| B.P. | ビームパターン |

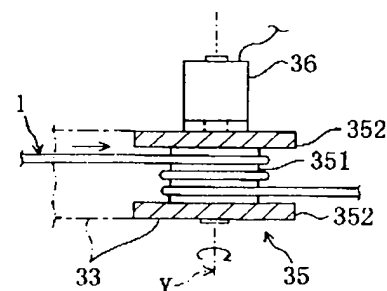
【図1】



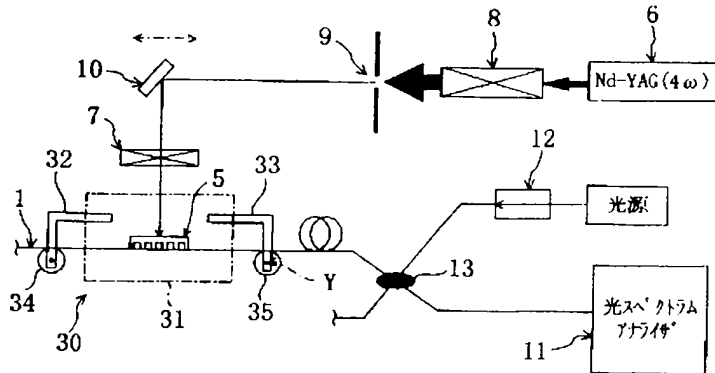
【図2】



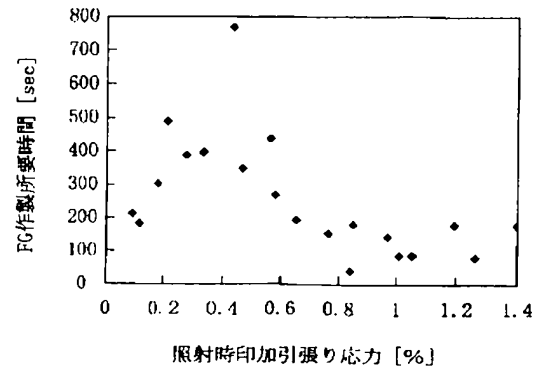
【図9】



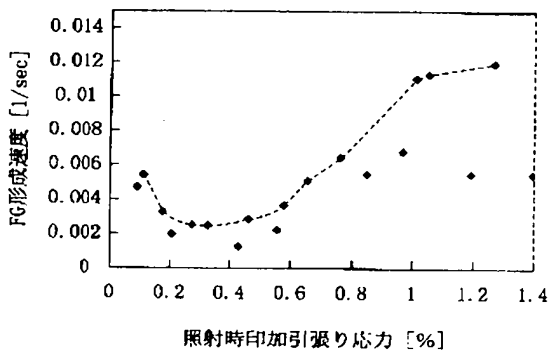
【図3】



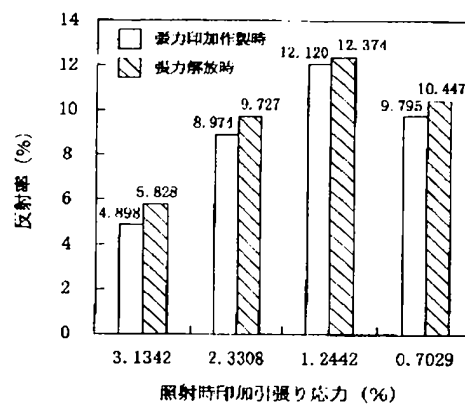
【図4】



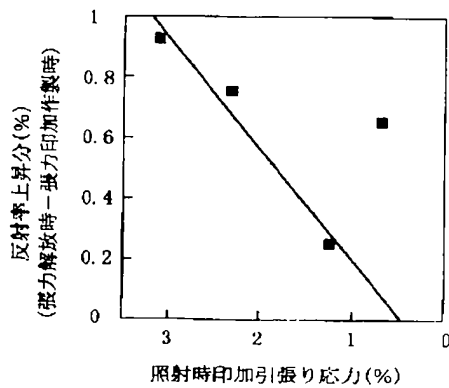
【図5】



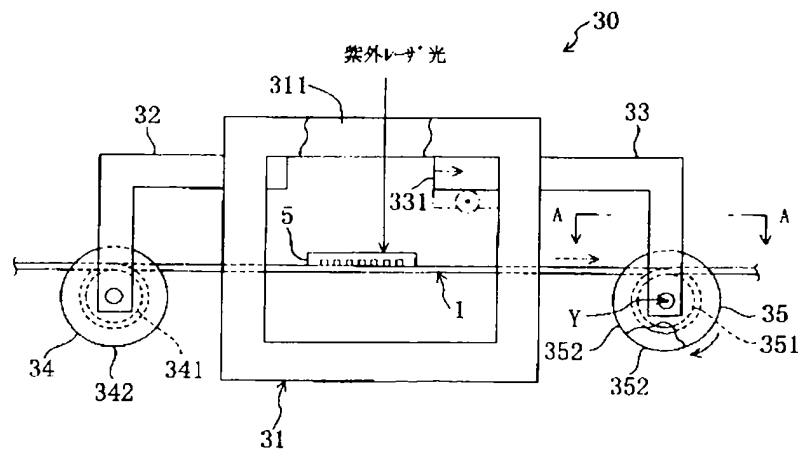
【図6】



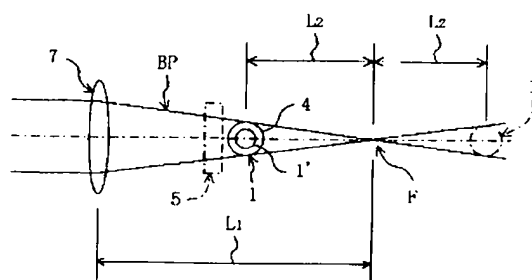
【図7】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 今村 一雄
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 2H049 AA33 AA34 AA43 AA59 AA62
AA68
2H050 AB05X AB07X AB18X AB20X
AC03 AC82 AC84 AD00